



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 196 46 476 C 2

⑤1 Int. Cl. 7:
H 01 L 23/36
H 01 S 5/024

⑦1 Aktenzeichen: 196 46 476.5-33
⑦2 Anmeldetag: 11. 11. 1996
⑦3 Offenlegungstag: 14. 5. 1998
⑦5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 14. 3. 2002

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

⑦4 Vertreter:
Patentanwälte Böck + Tappe Kollegen, 97074
Würzburg

⑦2 Erfinder:
Azdasht, Ghassem, 14052 Berlin, DE; Kasulke, Paul,
10551 Berlin, DE; Badrihafifekr, Habib, 10787 Berlin,
DE; Weiß, Stefan, 14163 Berlin, DE; Zakel, Elke,
14612 Falkensee, DE

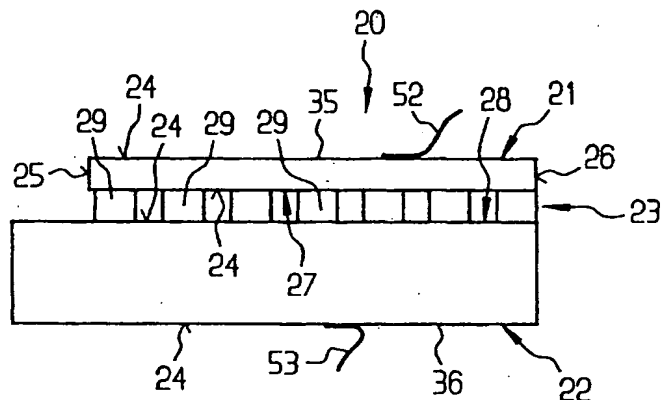
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE-AS 11 41 029
DE 30 31 912 A1

IEEE Transactions on Components, Packaging,
and Manufacturing Technology - Part A, Vol. 18,
Nr. 1, 1995, S. 82-86;

⑤4 Verbindungsstruktur

⑤7 Verbindungsstruktur zur Herstellung einer thermischen
Verbindung von mindestens zwei Bauelementen aus Ma-
terialien mit unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizien-
ten, wobei mindestens ein Bauelement als elektronisches
Leistungselement ausgebildet ist, und für die Verbin-
dungsstruktur höherschmelzende Materialien verwendet
werden, die zwischen den Kontaktflächen der Bauele-
mente als vereinzelt Verbindungselemente ausgebildet
sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsele-
mente (39, 45) jeweils mehrlagig aufgebaut sind.



DE 1)
23 96 46 476 C 2
BEST AVAILABLE COPY

DE 196 46 476 C 2

Beschreibung

- [0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Verbindungsstruktur zur Herstellung einer thermischen Verbindung von mindestens zwei Bauelementen aus Materialien mit unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.
- [0002] Elektronische Leistungselemente, wie beispielsweise Laserdioden, entwickeln im Betrieb eine hohe Verlustleistung, die in Wärme umgesetzt wird. Um die Zuverlässigkeit des Bauteils zu gewährleisten, ist es erforderlich, diese Wärme abzuführen. Hierzu ist es bekannt, derartige Leistungselemente auf sogenannten "Wärmespreizern" oder Kühlern zu montieren. Die Wärmespreizer oder Kühler stellen in der Regel Substrate dar, die aufgrund ihrer Materialbeschaffenheit eine besonders gute Eignung als Wärmesenke zum Entzug der Wärme aus dem Leistungselement aufweisen. Die Wärmeleitung vom Leistungselement auf ein derartiges Substrat erfolgt bislang über ein weiches, niedrig schmelzendes Lotmaterial, wie beispielsweise Indium-Lot, das aufgrund seiner niedrigen mechanischen Fließgrenze im Verbindungsbereich einen Abbau der mechanischen Spannungen, die durch die unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten des Leistungselements und des Substrats verursacht werden, ermöglicht.
- [0003] Zur Herstellung der Verbindung wird das Indium-Lot flächig als Lotmaterialschicht auf die Oberfläche des Substrats aufgetragen und das Leistungselement in "Die-Bond-Technik" mit seiner Oberfläche auf der Lotmaterialschicht kontaktiert. Durch die bekannte Verwendung des Indium-Lots zur Kontaktierung zwischen einem Leistungselement und einem als Wärmesenke dienenden Substrat kann also verhindert werden, daß es aufgrund thermisch bedingter mechanischer Spannungen zu Beschädigungen am Leistungselement kommen kann. Diesen vorteilhaften mechanischen Eigenschaften des Indium-Lots, die einen Spannungsabbau in der Verbindungsanordnung zwischen dem Leistungselement und dem Substrat ermöglichen, steht jedoch als erheblicher Nachteil die mangelhafte Alterungsbeständigkeit dieses Lotmaterials gegenüber. In der Praxis führt dies dazu, daß es beispielsweise bei optoelektronischen Baugruppen, die eine auf einem Kühlsubstrat kontaktierte Laserdiode aufweisen, schon nach einer relativ geringen Betriebszeit von häufig weniger als 5.000 Stunden zu einem Bauteilversagen kommt.
- [0004] Aus IEEE Transactions on Components, Packaging, and Manufacturing Technology - Part A, Vol. 18, No. 1, 1995, S. 82-86 ist eine Verbindungsstruktur zur Herstellung einer thermischen Verbindung von zwei Bauelementen bekannt, die aus vereinzelt Verbindungselementen aus einem höherschmelzenden Material, wie beispielsweise Gold, besteht. Die bekannte Verbindungsstruktur wird durch ein Plattierungsverfahren hergestellt, das speziell zur Ausbildung einer besonderen Form der Verbindungselemente entwickelt wurde.
- [0005] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Verbindungsstruktur der eingangs genannten Art vorzuschlagen, die vergleichsweise einfach herstellbar ist.
- [0006] Diese Aufgabe wird durch eine Verbindungsstruktur mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.
- [0007] Wenn die Verbindungselemente zur Kontaktierung einander gegenüberliegender Kontaktflächen eine Zwischenlage aus einem Lotmaterial aufweisen, ist es auch möglich, statt des vorstehend beschriebenen Thermokompressionsbonden ein Lötverfahren einzusetzen, um die Verbindungsstruktur auszubilden. Da zum Abbau der thermischen Spannungen die Verbindungselemente jeweils in ihrer Gesamtheit zur Verfügung stehen, kann als Lotmaterial ein höher oder hochschmelzendes Lot, wie beispielsweise ein AuSn-Lot, zum Einsatz kommen.
- [0008] Das Lotmaterial kann auf eine der einander gegenüberliegenden Kontaktflächen aufgetragen werden oder auch auf ein Teilstück zweier bereits zuvor jeweils auf eine von zwei einander gegenüberliegenden Kontaktflächen aufgetragenen Teilstücken der Verbindungselemente aufgebracht sein.
- [0009] Bei einer bevorzugten Ausführung der Verbindungsstruktur dient die dem weiteren Bauelement zugewandte Oberfläche des Leistungselements als Kontaktfläche zur Verbindung mit der als Gegenkontaktfläche ausgebildeten Oberfläche des weiteren Bauelements, derart, daß die Verbindungselemente zwischen den Oberflächen der Bauelemente angeordnet sind und die Verbindung zwischen den Bauelementen in "Die-Bond-Technik" ausgeführt werden kann.
- [0010] Bei einer derartigen Verbindung zwischen den Bauelementen können die Verbindungselemente zusätzlich zu ihrer Wärmeleitfunktion in ihrer Gesamtheit einen elektrischen Kontakt zwischen dem Leistungselement und dem weiteren Bauelement bilden.
- [0011] Darüber hinaus besteht jedoch auch die Möglichkeit, die einzelnen Verbindungselemente der Verbindungsstruktur zur elektrischen Verbindung zwischen voneinander isolierten, vereinzelt Kontaktflächen des Leistungselements mit entsprechend vereinzelt Kontaktflächen des weiteren Bauelements zu verwenden. Eine derartige Verbindung entspricht der an sich bekannten "Flip-Chip-Verbindung", bei der der Chip mit seinen Anschlußflächen in einer Überdeckungslage mit entsprechenden Anschlußflächen eines Substrats auf diesem kontaktiert wird. Hierdurch ist es bei entsprechender Gestaltung des als Wärmesenke dienenden Substrats möglich, dieses gleichzeitig auch zur Umverdrahtung der Chipanschlußflächen zu nutzen.
- [0012] Nachfolgend werden bevorzugte Ausführungsformen und Verwendungen der Verbindungsstruktur anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:
- [0013] Fig. 1 eine Verbindungsstruktur einer in "Die-Bond-Technik" hergestellten Verbindung zwischen einem Laserbarren und einem Kühlsubstrat in einer Seitenansicht;
- [0014] Fig. 2 die in Fig. 1 dargestellte Verbindungsstruktur in einer Draufsicht;
- [0015] Fig. 3 eine alternative Ausführungsform zu der in Fig. 1 dargestellten Verbindungsstruktur;
- [0016] Fig. 4 eine Variante zur Herstellung einer Verbindungsstruktur in einer Draufsicht;
- [0017] Fig. 5 die in Fig. 4 dargestellte Verbindungsstruktur in einer Seitenansicht;
- [0018] Fig. 6 eine weitere Ausführungsform als Alternative zu der in Fig. 1 dargestellten Verbindungsstruktur;
- [0019] Fig. 7 eine Verbindungsstruktur bei einer in "Flip-Chip-Technik" durchgeführten Verbindung in Seitenansicht;
- [0020] Fig. 8 die in Fig. 7 dargestellte Verbindungsstruktur in Draufsicht.
- [0021] Fig. 1 zeigt eine optoelektronische Baugruppe 20 mit einem Laserbarren 21 und einem Kühlsubstrat 22, die über eine Verbindungsstruktur 23 miteinander verbunden sind.
- [0022] Der in Fig. 1 dargestellte Laserbarren 21 kann beispielsweise aus einer AlGaAs/GaAs-Legierung oder einer InGaAs/GaAs-Legierung mit einer Oberflächenmetallisierung 24 aus Gold bestehen, wobei die Oberflächenmetallisierung 24 eine Rückseite 35 und eine gegenüberliegende Oberfläche 27 bedeckt. Der Laserbarren 21 weist Stirnflächen auf, die als optische Flächen 25, 26 ausgebildet sind.
- [0023] Das Kühlsubstrat 22 besteht im vorliegenden Fall

aus Kupfer oder Diamant und ist zumindest an seiner dem Laserbaren 21 zugewandten Oberfläche mit einer Oberflächenmetallisierung 24 aus Gold versehen.

[0024] Zwischen einander gegenüberliegenden Oberflächen 27, 28 des Laserbarrens 21 und des Kühlsubstrats 22 ist die Verbindungsstruktur 23 mit einzelnen Verbindungssäulen 29 ausgebildet. Wie aus der Darstellung gemäß Fig. 2 hervorgeht, befinden sich im vorliegenden Fall die Verbindungssäulen 29 in regelmäßiger Anordnung über der Oberfläche 27 der Laserdiode 21 verteilt. Zur Herstellung der in Fig. 1 dargestellten Verbindung zwischen dem Laserbarren 21 und dem Kühlsubstrat 22 erfolgt zunächst wahlweise auf der Oberfläche 27 des Laserbarrens 21 oder auf der Oberfläche 28 des Kühlsubstrats 22 die Ausbildung der Verbindungsstruktur 23.

[0025] Nach Herstellung der Verbindungsstruktur 23, etwa auf der Oberfläche 28 des Kühlsubstrats 22, wird der Laserbarren 21 in an sich aus der Die-Bond-Technik bekannter Manier mit seiner Oberfläche 27 auf die Verbindungsstruktur 23 aufgesetzt und es erfolgt eine Thermokompressionsverbindung, bei der der Laserbarren 21 und/oder das Kühlsubstrat 22 von seiner bzw. ihrer Rückseite 35 bzw. 36 her mit Druck und Temperatur durch ein geeignetes Bondwerkzeug beaufschlagt werden. Dabei verbinden sich die Verbindungssäulen 29 der Verbindungsstruktur 23 über ihre der Oberfläche 27 des Laserbarrens zugewandte Kontaktfläche 37 (Fig. 2) mit der Oberfläche 27 bzw. der auf die Oberfläche 27 aufgetragenen Oberflächenmetallisierung 24.

[0026] In den Fig. 4 bis 6 sind beispielhaft zwei Möglichkeiten zur Erzeugung der Verbindungsstruktur 23 erläutert. Wie eine Zusammenschau der Fig. 4 und 5 deutlich macht, besteht eine Möglichkeit zur Ausbildung der Verbindungsstruktur 23 darin, zunächst einen flächigen Verbindungsmaterialauftrag zur Erzeugung einer zusammenhängenden Verbindungsmaterialschicht 30 auf der Oberfläche 27 des Laserbarrens 21 oder, wie es hier der Fall ist, auf der Oberfläche 28 des Kühlsubstrats 22 anzuordnen. Sicherlich ist es zu bevorzugen, die Verbindungsmaterialschicht 30 auf der Oberfläche 28 des Kühlsubstrats 22 anzuordnen.

[0027] Die im vorliegenden Fall aus Gold oder einer überwiegend Gold aufweisenden Legierung bestehende Verbindungsmaterialschicht wird nachfolgend mit geeigneten, hier nicht näher dargestellten Werkzeugen, bearbeitet, um längs und quer verlaufende nut- oder rillenartige Vertiefungen 31, 32 zur Erzeugung eines in Fig. 4 dargestellten, gleichmäßig ausgebildeten Gitterrasters 33 auszubilden. Wie aus der Darstellung in Fig. 5 abgeleitet werden kann, führt die Einbringung von lediglich längs verlaufenden Vertiefungen 31 oder quer verlaufenden Vertiefungen 32 zur Ausbildung von in entsprechender Richtung auf der Oberfläche 28 des Kühlsubstrats 22 verlaufenden Verbindungsstegen 34. Werden sowohl längs- als quer verlaufende Vertiefungen 31, 32 in die Verbindungsmaterialschicht 30 eingebracht, so entstehen die in der Fig. 2 dargestellten Verbindungssäulen 29.

[0028] Nach der Präparierung der Oberfläche 28 des Kühlsubstrats 22 in der vorstehend beschriebenen Art und Weise wird das Leistungselement, das im Fall der Fig. 1 und 2 als Laserbarren 21 ausgebildet ist, in an sich aus der Die-Bond-Technik bekannter Manier mit seiner Oberfläche 27 auf die Verbindungsstruktur 23 aufgesetzt und es erfolgt eine Thermokompressionsverbindung, bei der der Laserbarren 21 und/oder das Kühlsubstrat 22 von seiner bzw. ihrer Rückseite 35 bzw. 36 her mit Druck und Temperatur durch ein geeignetes Bondwerkzeug beaufschlagt werden.

[0029] Dabei verbinden sich die Verbindungssäulen 29 der Verbindungsstruktur 23 über ihre der Oberfläche 27 des Laserbarrens zugewandte Kontaktfläche 37 (Fig. 2) mit der Oberfläche 27 bzw. der auf die Oberfläche 27 aufgetragenen

Oberflächenmetallisierung 24.

[0030] Fig. 6 zeigt alternativ zu der in Fig. 1 dargestellten Verbindungsstruktur 23 eine Verbindungsstruktur 38, zwischen dem Laserbarren 21 und dem Kühlsubstrat 22, deren Verbindungssäulen 39 aus sogenannten "Stapelbonds" bestehen. Hierzu werden mit einer hier nicht näher dargestellten Drahtbondkapillare nacheinander mehrere Ball-Bonds 40, 41 und 42 übereinander erzeugt, wobei lediglich der erste Ball-Bond 40 unmittelbar auf der Oberfläche 28 des Kühlsubstrats 22 erzeugt wird und die nachfolgenden Ball-Bonds 41, 42 jeweils auf dem zuvor erzeugten angeordnet sind. Die nachfolgende Verbindung des Laserbarrens 21 mit dem mit der Verbindungsstruktur 38 versehenen Kühlsubstrat 22 wird ebenfalls wieder in "Die-Bond-Technik" durchgeführt.

[0031] Fig. 3 zeigt eine Baugruppe 43, die hinsichtlich der Komponenten mit der in Fig. 1 dargestellten Baugruppe 20 übereinstimmt und einen Laserbarren 21 sowie ein Kühlsubstrat 22 aufweist. Im Unterschied zur Baugruppe 20 weist die Baugruppe 43 eine Verbindungsstruktur 44 auf, die aus Verbindungssäulen 45 zusammengesetzt ist. Die Verbindungssäulen 45 weisen jeweils zwei Säulenteilstücke 46, 47 auf, die über eine Zwischenlage 48 aus Lotmaterial miteinander verbunden sind.

[0032] Zur Erzeugung der in Fig. 3 dargestellten Verbindungsstruktur 44 werden zunächst sowohl auf der Oberfläche 27 des Laserbarrens 21 als auch auf der Oberfläche 28 des Kühlsubstrats 22 die Säulenteilstücke 46 bzw. 47 erzeugt. Dies kann jeweils in gleicher Weise wie die vorstehend beschriebene Erzeugung der Verbindungssäulen 29 oder 38 geschehen.

[0033] Anschließend wird auf eine Kontaktfläche 49 der Säulenteilstücke 46 oder eine Kontaktfläche 50 der Säulenteilstücke 47 ein Lotmaterial 51 zur Ausbildung der in Fig. 3 dargestellten Zwischenlage 48 aufgebracht. Die Erzeugung der Verbindungsstruktur 44 und damit die Verbindung des Laserbarrens 21 und des Kühlsubstrats 22 zur Ausbildung der Baugruppe 43 kann dann durch ein Lotmaterial-Umschmelzverfahren erfolgen. Zur Anordnung des Lotmaterials 51 auf den Säulenteilstücken 46 bzw. 47 erweist es sich als besonders vorteilhaft, das Lotmaterial in Form von unter dem Begriff "preform" bekannten Lötplättchen aufzubringen.

[0034] Wie aus den Fig. 1 und 3 zu ersehen ist, ist sowohl bei der Baugruppe 20 als auch bei der Baugruppe 43 der Laserbarren 21 und das Kühlsubstrat 22 mit einem elektrischen Anschlußleiter 52 bzw. 53 versehen, wobei die elektrische Verbindung zwischen dem Anschlußleiter 53 und dem Laserbarren 21 über das Kühlsubstrat 22 und die Verbindungsstruktur 23 erfolgt.

[0035] Die in Fig. 7 dargestellte Chip-Baugruppe 54 weist einen Chip 55 auf, dessen Anschlußflächen 56 über eine Verbindungsstruktur 57 aus einzelnen Verbindungssäulen 58 mit Anschlußflächen 59 des Kühlsubstrats 60 verbunden sind. Das Kühlsubstrat 60 besteht aus einem wärmeleitenden, jedoch elektrisch isolierenden Material, wie beispielsweise kubisches Bornitrid oder Diamant, und ist, wie aus Fig. 8 hervorgeht, auf seiner dem Chip 55 gegenüberliegenden Oberfläche 61 mit Leiterbahnen 62 versehen, die hier in einer sogenannten "fan-out"-Verteilung angeordnet sind und in eine Anschlußflächenanordnung 63 mit Anschlußflächen 64 münden. Wie aus Fig. 8 zu ersehen ist, weisen die Anschlußflächen 64 der Anschlußflächenanordnung 63 einen wesentlich größeren Abstand voneinander auf als die Anschlußflächen 56 des Chips 55, so daß durch die auf der Oberfläche 61 des Kühlsubstrats 60 erfolgte Umverdrahtung eine erleichterte Kontaktierung des Chips 55 möglich ist.

[0036] Die Verbindungsstruktur 57 kann auch durch eine

beliebige der vorstehend erläuterten Verbindungsstrukturen ersetzt werden. Zur Herstellung der in Fig. 7 dargestellten Verbindung kann eine "Flip-Chip-Kontaktierung" durchgeführt werden, bei der der Chip 55 anders als bei der "Die-Bond-Technik" mit seinen Anschlußflächen dem Substrat zugewandt in "face-down"-Orientierung auf dem Substrat kontaktiert wird.

Patentansprüche

1. Verbindungsstruktur zur Herstellung einer thermischen Verbindung von mindestens zwei Bauelementen aus Materialien mit unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten, wobei mindestens ein Bauelement als elektronisches Leistungselement ausgebildet ist, und für die Verbindungsstruktur höherschmelzende Materialien verwendet werden, die zwischen den Kontaktflächen der Bauelemente als vereinzelte Verbindungselemente ausgebildet sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verbindungselemente (39, 45) jeweils mehrlagig aufgebaut sind.
2. Verbindungsstruktur nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungselemente (45) zur Kontaktierung einander gegenüberliegender Kontaktflächen (27, 28; 49, 50) eine Zwischenlage (48) aus einem Lotmaterial (51) aufweisen.
3. Verbindungsstruktur nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenlage (48) aus Lotmaterial (51) zwischen zwei unmittelbar mit den Kontaktflächen (27, 28) der Bauelemente (21, 22) verbundenen Teilstücken (46, 47) der Verbindungselemente (45) angeordnet ist.
4. Verbindungsstruktur nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die dem weiteren Bauelement (22) zugewandte Oberfläche (27) des Leistungselements (21) als Kontaktfläche zur Verbindung mit der als Gegenkontaktfläche ausgebildeten Oberfläche (28) des weiteren Bauelements (22) dient.
5. Verbindungsstruktur nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungselemente (58) zusätzlich zur thermischen Verbindung als elektrische Kontakteinrichtung dienen.
6. Verbindungsstruktur nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungselemente (58) zur elektrischen Verbindung zwischen voneinander isolierten, vereinzelten Kontaktflächen (56) des Leistungselements (55) mit entsprechend vereinzelten Kontaktflächen (59) des weiteren Bauelements (60) dienen.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

BEST AVAILABLE COPY

FIG 1

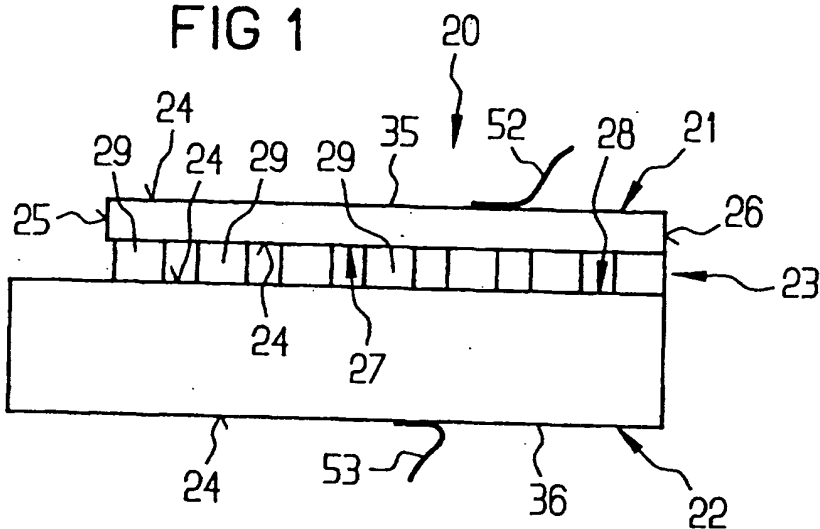
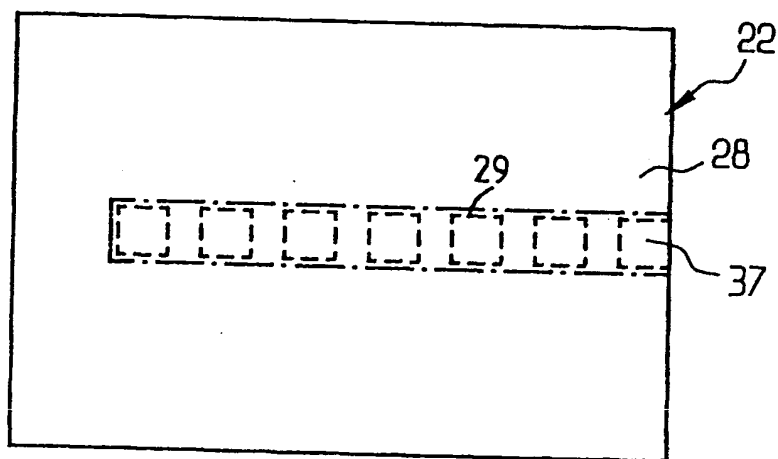


FIG 2



BEST AVAILABLE COPY

FIG 3

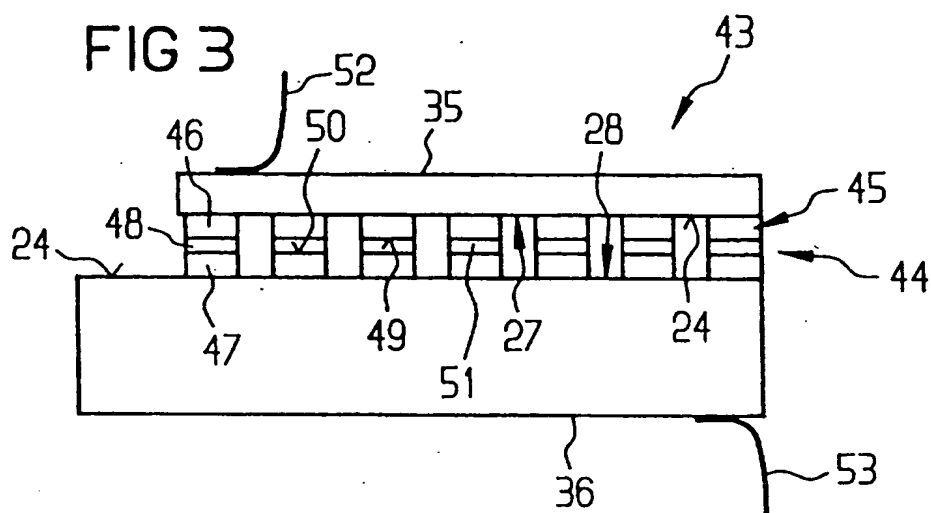


FIG 4

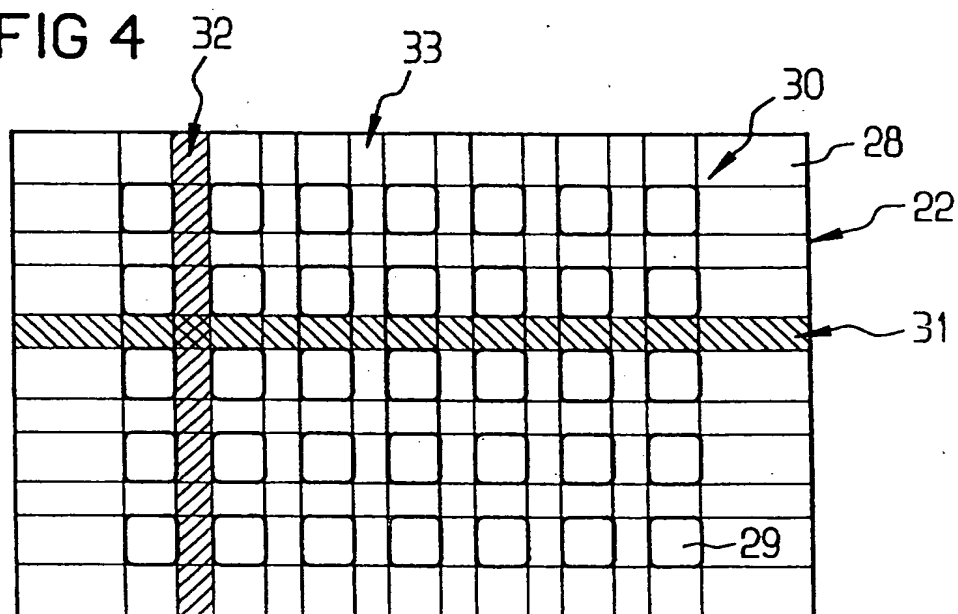


FIG 5

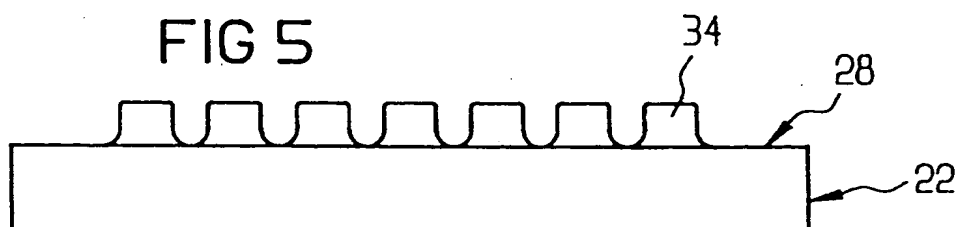


FIG 6

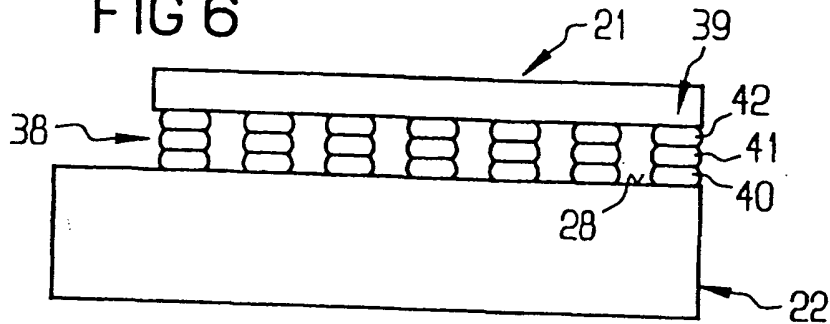


FIG 7

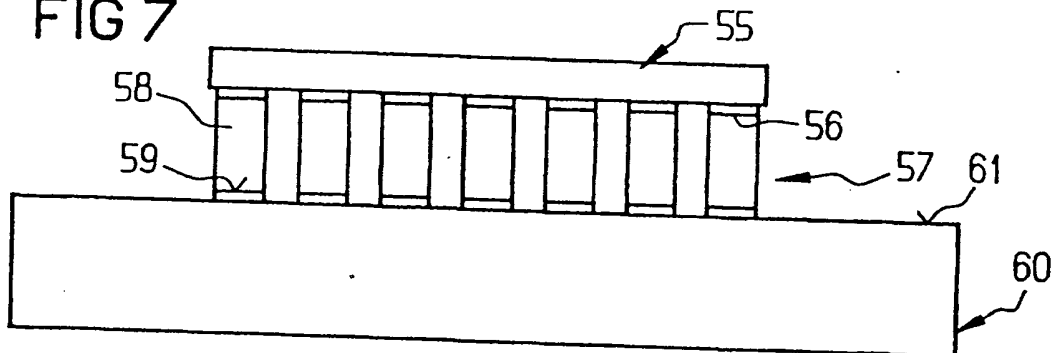
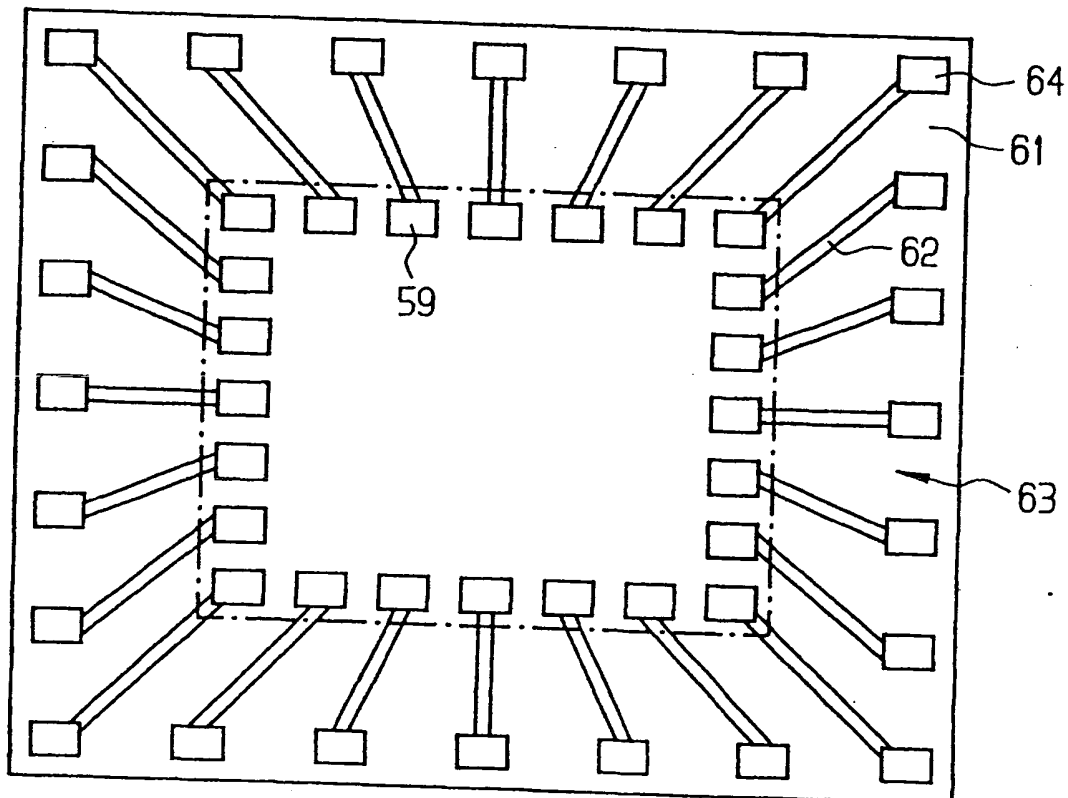


FIG 8



BEST AVAILABLE COPY